

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-048935

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/255

(21)Application number : 2000-365643

(71)Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 30.11.2000

(72)Inventor : OCHIAI KATSUHIRO  
KUROIWA YUTAKA  
SUGIMOTO NAOKI

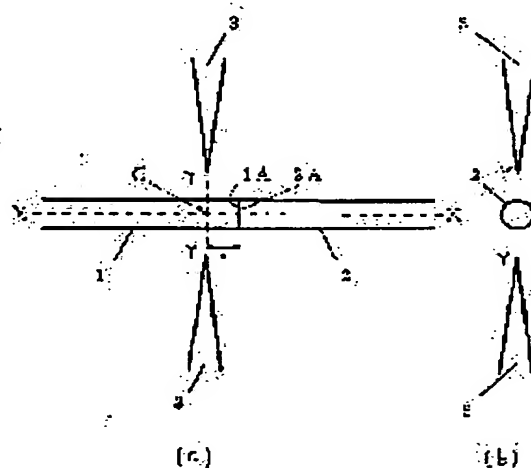
(30)Priority

Priority number : 2000151935 Priority date : 23.05.2000 Priority country : JP

## (54) METHOD FOR CONNECTING GLASS FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for connecting two glass fibers having different glass transition points.

SOLUTION: A glass fiber 1 having a high melting point is butted against a glass fiber 2 having a low melting point so that axes of two glass fibers are aligned, such heating that a temperature of a part 1  $\mu$ m or more apart from the butting end surface 1A of the glass fiber 1 having the high melting point becomes highest is applied to raise the temperature of the butting surface, and two glass fibers are fused.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

13

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)

公開番号

特開 2002-48935

(P 2002-48935 A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002. 2. 15)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 6/255

識別記号

F I  
G 0 2 B 6/24 3 0 1

テーマコード (参考)  
2H036

審査請求 未請求 請求項の数 5

OL

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-365643 (P2000-365643)  
(22) 出願日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-151935 (P2000-151935)  
(32) 優先日 平成12年5月23日 (2000. 5. 23)  
(33) 優先権主張国 日本 (JP)

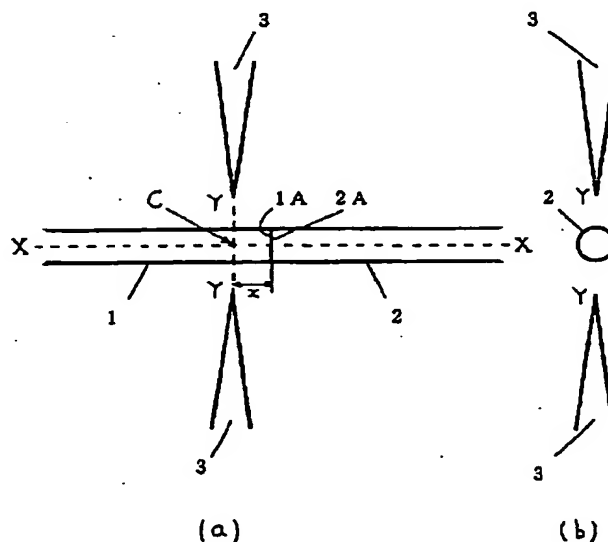
(71) 出願人 000000044  
旭硝子株式会社  
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号  
(72) 発明者 落合 克弘  
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内  
(72) 発明者 黒岩 裕  
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内  
(72) 発明者 杉本 直樹  
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内  
F ターム (参考) 2H036 MA12 MA13 MA17

(54) 【発明の名称】 ガラスファイバ接続方法

(57) 【要約】

【課題】 ガラス転移点異なる2本のガラスファイバの接続方法の提供。

【解決手段】 2本のガラスファイバの軸が一致するように高融点ガラスファイバ1と低融点ガラスファイバ2を突き合わせ、高融点ガラスファイバ1の前記突き合わせ端面1Aから1  $\mu$ m以上離れている部分の温度が最も高くなるような加熱を行って突き合わせ面の温度を上昇させて融合させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】2本のガラスファイバの軸が一致するように該2本のガラスファイバの接続すべき端面を突き合わせ、該突き合わされた端面の温度を上昇させて前記端面を融合し該2本のガラスファイバを接続する方法であって、前記2本のガラスファイバの一方はガラス転移点が高い高融点ガラスファイバであり他方はガラス転移点が高い低融点ガラスファイバであって、該高融点ガラスファイバの、前記端面から1 $\mu$ m以上離れている部分の温度が最も高くなるような加熱を行って前記端面の温度を上昇させることを特徴とするガラスファイバ接続方法。

【請求項2】接続する2本のガラスファイバのいずれもがコア/クラッド構造を有するガラスファイバである請求項1に記載のガラスファイバ接続方法。

【請求項3】高融点ガラスファイバのガラス転移点 $T_1$ と低融点ガラスファイバのガラス転移点 $T_2$ との差が400℃以上である請求項1または2に記載のガラスファイバ接続方法。

【請求項4】高融点ガラスファイバのガラス転移点 $T_1$ が1000～1200℃である請求項1、2または3に記載のガラスファイバ接続方法。

【請求項5】低融点ガラスファイバのガラス転移点 $T_2$ が300～600℃である請求項1、2、3または4に記載のガラスファイバ接続方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガラス転移点異なる2本のガラスファイバの接続方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信システムにおける光増幅器への応用を目的として、コアガラスとクラッドガラスからなり、該コアガラスが希土類元素を含有し光増幅機能を有する希土類元素含有ガラスファイバの開発が進められている。特に、前記希土類元素がEr（エルビウム）であるガラスファイバが盛んに開発されている。

【0003】一方、将来見込まれる通信サービスの多様化に対応するために、伝送容量の拡大を図る波長多重光通信方式(WDM)が提案されている。WDMにおいては、波長多重のチャンネル数が増加するほど伝送容量が大きくなる。そのため、WDMで使用される1.2～1.7 $\mu$ mの波長の光に対し広帯域で増幅可能な光増幅媒体が求められている。前記希土類元素含有ガラスファイバは、たとえば上記のような用途への適用が考えられている。

【0004】希土類元素含有光増幅ガラスファイバとして、Er含有石英系ガラスファイバが広く知られている。しかし、1.2～1.7 $\mu$ mの波長の光に対しEr含有石英系ガラスファイバで利得が得られる波長幅は狭く、Cバンドでは1.530～1.565 $\mu$ m、すなわ

ち35nm程度、Lバンドでは1.575～1.607 $\mu$ m、すなわち32nm程度である。

【0005】この問題を解決する光増幅媒体として、特開平11-317561号公報には、モル%表示でBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:20～80モル%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:15～80モル%、CeO<sub>2</sub>等からなるマトリクスガラスにErが質量百分率表示で0.01～10%添加された光増幅ガラス(Er含有Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラス)が開示されている。同公報に例示されている光増幅ガラスの例1～10の前記利得が得られる波長幅はいずれも100nm以上であり、Er含有石英系ガラスの2.5倍以上である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】このようなEr含有Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスファイバを光増幅媒体とする光増幅器を考える場合、該Er含有Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスファイバと、通信用ガラスファイバとして広く用いられている石英系ガラスファイバとをどのようにして接続するかが問題となる。すなわち、接続面における信号光の反射または損失が小さく、かつ耐久性に優れる接続をどのようにして実現するかが問題となる。

【0007】2本のガラスファイバの接続方法としては図3に示すような融着法が知られている。すなわち、2本のガラスファイバ51、52の接続すべき端面を突き合わせ、これら端面と端面の接触部54を、該接触部の外側近傍に設けられ該接触部を挟んで相対する電極53、53の間に発生させた放電によって加熱し、前記2本のガラスファイバの端面を融合する。ここで、接触部54は相対する電極53、53を結ぶ直線上に位置する。

【0008】しかし、Er含有Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスファイバと石英系ガラスファイバとではガラス転移点 $T_g$ が異なり、上記融着法によってガラスファイバを接続することは困難である。すなわち、Er含有Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスファイバの $T_g$ は典型的には600℃以下であり、一方石英系ガラスファイバの $T_g$ は典型的には1000℃以上であって、石英系ガラスファイバの端面が融合可能となるような放電を図3に示すように行くと、Er含有Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系ガラスファイバの端面において顕著な軟化流動または揮散が起り、両者の端面を融合できない。

【0009】本発明は、 $T_g$ が異なる2本のガラスファイバの接続に係る上記問題を解決するガラスファイバの接続方法の提供を目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、2本のガラスファイバの軸が一致するように該2本のガラスファイバの接続すべき端面を突き合わせ、該突き合わされた端面の温度を上昇させて前記端面を融合し該2本のガラスファイバを接続する方法であって、前記2本のガラスファイバの一方はガラス転移点が高い高融点ガラスファイバであり他方はガラス転移点が高い低融点ガラス

ファイバであって、該高融点ガラスファイバの、前記端面から $1\mu\text{m}$ 以上離れている部分の温度が最も高くなるような加熱を行って前記端面の温度を上昇させることを特徴とするガラスファイバ接続方法を提供する。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】本発明におけるガラスファイバは、コア／クラッド構造を有するものであってもよいし、コア／クラッド構造を有しないものであってもよい。以下では、コア／クラッド構造を有するガラスファイバの接続について説明する。

【0012】本発明において、コア／クラッド構造を有するガラスファイバのガラス転移点 $T_c$ はコアガラスのガラス転移点またはクラッドガラスのガラス転移点である。接続する2本のガラスファイバのコアガラスのガラス転移点が同じであり、クラッドガラスのガラス転移点異なる場合、 $T_c$ はクラッドガラスのガラス転移点とする。接続する2本のガラスファイバのクラッドガラスのガラス転移点が同じであり、コアガラスのガラス転移点異なる場合、 $T_c$ はコアガラスのガラス転移点とする。接続する2本のガラスファイバのコアガラス、クラッドガラスのいずれについてもガラス転移点異なる場合、 $T_c$ はコアガラスのガラス転移点とする。

【0013】 $T_c$ の典型的な値は、石英系ガラスファイバ(SF)では $1000\sim 1200^\circ\text{C}$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 系ガラスファイバ(BF)では $300\sim 600^\circ\text{C}$ 、より典型的には $360\sim 600^\circ\text{C}$ である。高融点ガラスファイバのガラス転移点 $T_1$ と低融点ガラスファイバのガラス転移点 $T_2$ との差は、典型的には $400^\circ\text{C}$ 以上、より典型的には $500^\circ\text{C}$ 以上である。

【0014】高融点ガラスファイバのコア径 $d_1$ およびクラッド径 $D_1$ 、低融点ガラスファイバのコア径 $d_2$ およびクラッド径 $D_2$ について以下に述べる。なお、 $d_1$ 、 $D_1$ 、 $d_2$ 、 $D_2$ はいずれもガラスファイバの接続すべき端面における値である。

【0015】 $d_1$ および $d_2$ は、典型的にはいずれも $1\sim 20\mu\text{m}$ である。低融点ガラスファイバとしてBFを使用する場合、典型的には $d_2$ は $1\sim 15\mu\text{m}$ である。高融点ガラスファイバ側から低融点ガラスファイバ側に光が伝播する場合、 $(d_1-d_2)\geq -5\mu\text{m}$ であることが好ましい。低融点ガラスファイバ側から高融点ガラスファイバ側に光が伝播する場合、 $(d_2-d_1)\geq -5\mu\text{m}$ であることが好ましい。 $(d_1-d_2)$ は $-5\sim +5\mu\text{m}$ とすることが特に好ましい。この範囲外では光伝播の向きに対する制限が必要になるおそれがある。

【0016】 $D_1$ および $D_2$ は、典型的にはいずれも $40\sim 200\mu\text{m}$ である。光通信システムに使用される場合、 $D_1$ および $D_2$ は、典型的にはいずれも $120\sim 130\mu\text{m}$ である。また、 $(D_1-D_2)$ は $-3\sim +3\mu\text{m}$ とすることが好ましい。

【0017】本発明をWDMに使用されるガラスファイ

バの接続に用いる場合、このガラスファイバは通常はシングルモードで使用され、高融点ガラスファイバおよび低融点ガラスファイバのモードフィールド径はいずれも $1\sim 20\mu\text{m}$ の範囲にあることが好ましく、両者の差は $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。前記差がゼロであることがより好ましい。

【0018】また、この場合、高融点ガラスファイバのコアガラス屈折率 $n_{1CR}$ およびクラッドガラス屈折率 $n_{1CL}$ ( $n_{1CL}$ は典型的には $1.5\pm 0.1$ )から算出される比屈折率差 $\Delta n_1 = [n_{1CR} - n_{1CL}] / 2n_{1CR}$ は、好ましくは $0.2\sim 4\%$ 、より好ましくは $0.5\sim 1.8\%$ であり、低融点ガラスファイバのコアガラス屈折率 $n_{2CR}$ およびクラッドガラス屈折率 $n_{2CL}$ ( $n_{2CR}$ は典型的には $2.04\pm 0.1$ )から算出される比屈折率差 $\Delta n_2 = [n_{2CR} - n_{2CL}] / 2n_{2CR}$ は、好ましくは $3\%$ 以下、より好ましくは $1\%$ 以下、特に好ましくは $0.5\%$ 以下であり、また、好ましくは $0.1\%$ 以上、より好ましくは $0.3\%$ 以上である。

【0019】また、前記の場合、高融点ガラスファイバの開口数 $NA_1 = [n_{1CR}^2 - n_{1CL}^2]^{0.5}$ は、および低融点ガラスファイバの開口数 $NA_2 = [n_{2CR}^2 - n_{2CL}^2]^{0.5}$ はそれぞれ、好ましくは $0.10\sim 0.42$ 、より好ましくは $0.15\sim 0.29$ である。 $(NA_1 - NA_2)$ が $-0.05\sim +0.05$ である場合、 $(d_1 - d_2)$ は $-1.5\sim +1.5\mu\text{m}$ であることが好ましく、 $(NA_1 - NA_2)$ が $-0.01\sim +0.01$ である場合、 $(d_1 - d_2)$ は $-0.3\sim +0.3\mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0020】次に、相対する電極間に発生させた放電を加熱に用いる場合を例にして、図1に示す本発明の態様Aを説明する。図1において、1は高融点ガラスファイバ、2は低融点ガラスファイバ、1A、2Aはそれぞれ高融点ガラスファイバ1、低融点ガラスファイバ2の突き合わされた端面、3は放電加熱用電極である。また、図1中、(a)は正面図、(b)は側面図である。

【0021】まず、高融点ガラスファイバ1と低融点ガラスファイバ2の軸が一致するように高融点ガラスファイバ1と低融点ガラスファイバ2を突き合わせる。光通信システムの光増幅器に本発明を適用する場合、ここでいう「軸が一致する」とは、典型的には、高融点ガラスファイバ1と低融点ガラスファイバ2の軸のずれが $1\mu\text{m}$ 以下であることをいう。

【0022】高融点ガラスファイバ1および低融点ガラスファイバ2のそれぞれの突き合わすべき端面は平らであることが好ましい。このようにすることにより、高融点ガラスファイバ1および低融点ガラスファイバ2の端面が全面にわたって互いに接触するようにできる。図1は前記端面と各ガラスファイバの軸のなす角度が $90^\circ$ である場合を示すが、本発明における前記角度 $\alpha$ は $90^\circ$ に限られず、好ましくは $\alpha$ は $90^\circ$ 未満である。 $90^\circ$

°では、端面1Aと端面2Aが融合されて生成する融合面において、高融点ガラスファイバ1および低融点ガラスファイバ2の屈折率の違いによって生ずる光の反射が多くなり、その結果帰還する光が多くなる。該帰還光は、本発明によって接続されたガラスファイバをレーザー装置に適用する場合、レーザー発振を不安定にするおそれがある、または不要信号(スプリアス)を増大させるおそれがある。より好ましくは $87^\circ$ 以下である。また、 $\alpha$ は好ましくは $60^\circ$ 以上である。 $60^\circ$ 未満では、端面加工が難しくなって端面の平坦度が低下する等の問題が生じるおそれがある。好ましくは $75^\circ$ 以上、より好ましくは $80^\circ$ 以上である。

【0023】次に、高融点ガラスファイバ1が放電加熱用電極3、3の先端Y、Yを結ぶ直線と交わる部分、すなわち、図1の直線XXと線分YYが交わる部分Cと前記突き合わされた端面1Aとの距離xが $1\mu\text{m}$ 以上となるように、突き合わされた高融点ガラスファイバ1および低融点ガラスファイバ2をセットする。なお、図1は、高融点ガラスファイバ1の軸が直線XXと一致しており、該軸が放電加熱用電極3、3を結ぶ線分YY上にあり、かつ該軸が該線分YYと直交する場合を示し、またCがYYの中点である場合を示す。

【0024】また、図1は先にも述べたように $\alpha$ が $90^\circ$ の場合であるが、 $\alpha$ が $90^\circ$ とは異なる場合、前記xは、「端面1Aの中心」すなわち「端面1Aと直線XXの交点」とCとの距離とする。

【0025】次に、放電加熱用電極3、3間に電圧を印加して放電を発生させ、高融点ガラスファイバ1の突き合わされた端面1Aから $1\mu\text{m}$ 以上離れている部分が最も高温となるように加熱する。前記「最も高温となる」とは「軸方向で見て最も高温となる」ことであり、図1において軸上の「最も高温となる」部分はCである。最も高温となる部分Cと、突き合わされた端面1Aとの距離が $1\mu\text{m}$ 未満であると、すなわち $x < 1\mu\text{m}$ であると、低融点ガラスファイバの端面において顕著な軟化流動または揮散が起り、突き合わされた端面を融合できない。

【0026】放電領域中心部に位置するCは先に述べたように最も高温となるのに対し、 $x \geq 1\mu\text{m}$ とすることにより低融点ガラスファイバの突き合わされた端面2Aは、放電領域中心部より放電エネルギー密度が低い放電領域非中心部に位置することによってその温度はCにおける温度よりも低くなり、その結果端面2Aにおいて顕著な軟化流動および揮散のいずれもが生じることなく、突き合わされた端面1Aと突き合わされた端面2Aを融合できる。

【0027】端面融合をより適切に行うために、端面を突き合わせる力を調整して、端面融合中に低融点ガラスファイバを高融点ガラスファイバ側に動かしてもよい、または、高融点ガラスファイバを低融点ガラスファイバ

側に動かしてもよい。この移動量yは $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。 $50\mu\text{m}$ 超では融合端面の変形が顕著になり、端面融合が適切に行われなくなるおそれがある。

【0028】前記融合は、距離x ( $\geq 1\mu\text{m}$ )、放電加熱用電極3、3の先端Y、Y間の距離 $L_1$ 、放電電流I、放電時間t、放電回数n、放電休止時間 $t'$ 、移動量y等を適切に調整して行われる。

【0029】図2は本発明の他の態様Bを説明する図であり、図2中、(a)は正面図、(b)は側面図である。態様Bにおいては、高融点ガラスファイバ1の軸は放電加熱用電極3、3の先端Y、Yを結ぶ線分YYとは交わらない。その他は図1に示す態様Aと同じである。なお、図2においては、図1において示した直線XX、距離x、高融点ガラスファイバ1の最も高温となる部分Cの表示はいずれも省略している。

【0030】態様Aでは最も放電エネルギー密度が高いと考えられる放電領域中心部によって高融点ガラスファイバ1が加熱されるが、態様Bにおいてはより放電エネルギー密度が低いと考えられる放電領域非中心部によって高融点ガラスファイバ1が加熱される。

【0031】態様Bにおいては、一方の放電加熱用電極3の先端Yから高融点ガラスファイバ1の軸に垂直におろした直線YY'と他方の放電加熱用電極3先端Yとの距離 $L_2$  ( $> 0\text{mm}$ )を調整できる。また、態様Bにおいては、放電領域中心部の最高温度部C'と直線YY'の距離z ( $> 0\text{mm}$ )は $1\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。態様Bにおいては態様Aにおけるよりも前記融合を適切化するためのパラメタが多く、より適切な融合を行えると考えられる。ただ、態様Bにおいては態様Aにおけるよりも加熱が不均一となり、融合適切化が困難になるおそれがある。

【0032】高融点ガラスファイバの $T_g$ が $1000 \sim 1200^\circ\text{C}$ 、低融点ガラスファイバの $T_g$ が $300 \sim 600^\circ\text{C}$ である場合、前記融合を適切化するための態様Aまたは態様Bにおける上記列挙パラメタの好ましい範囲について以下に述べる。距離 $L_1$ は $0.5 \sim 20\text{mm}$ であることが好ましい。放電電流Iは $1 \sim 100\text{mA}$ であることが好ましい。

【0033】放電回数nは、好ましくは $1000$ 以下、より好ましくは $100$ 以下である。1回の放電についての放電時間tは、好ましくは $0.001 \sim 1$ 秒、より好ましくは $0.001 \sim 0.1$ 秒、特に好ましくは $0.01 \sim 0.1$ 秒である。n $\geq 2$ の場合、放電休止時間 $t'$ は、好ましくは $0.001 \sim 1$ 秒、より好ましくは $0.001 \sim 0.5$ 秒、特に好ましくは $0.01 \sim 0.1$ 秒である。移動量yは好ましくは $2\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $0\mu\text{m}$ である。

【0034】距離 $L_1$ が $0.5 \sim 0.7\text{mm}$ の場合、距離xは好ましくは $5\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $10\mu\text{m}$

以上である。また、 $250\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。 $250\mu\text{m}$ 超では高融点ガラスファイバまたは低融点ガラスファイバの突き合わされた端面の温度が低くなりすぎ突き合わされた端面を融合できなくなるおそれがある。より好ましくは $100\mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $80\mu\text{m}$ 以下、最も好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下である。

【0035】 $L_1$ が $0.7\text{mm}$ 超であって $20\text{mm}$ 以下の場合、距離 $x$ は $100\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。 $100\mu\text{m}$ 未満では、低融点ガラスファイバの端面において顕著な軟化流動または揮散が起るおそれがある。より好ましくは $200\mu\text{m}$ 以上、特に好ましくは $250\mu\text{m}$ 以上である。また、 $x$ は $500\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。 $500\mu\text{m}$ 超では高融点ガラスファイバまたは低融点ガラスファイバの突き合わされた端面の温度が低くなりすぎ突き合わされた端面を融合できなくなるおそれがある。より好ましくは $400\mu\text{m}$ 以下、特に好ましくは $300\mu\text{m}$ 以下である。

【0036】態様Bにおいて、距離 $L_2$ は $0.001\text{m}$ 以上であることが好ましく、また $1\text{mm}$ 以下であることが好ましい。

【0037】以上、相対する電極間に発生させた放電を加熱に用いる場合を例にして本発明を説明したが、本発明はこれに限られず他の加熱方法を用いてもよい。たとえば、レーザーによる加熱、水素バーナによる加熱、電気ヒータによる加熱等が挙げられる。

【0038】前記 $T_c$ が $1000\sim1200^\circ\text{C}$ であるガラスファイバとしてはSF、前記 $T_c$ が $300\sim600^\circ\text{C}$ であるガラスファイバとしてはBFがそれぞれ例示される。SFの $\text{SiO}_2$ 含有量は90モル%以上であることが好ましい。

【0039】BFの $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 含有量は20～80モル%であることが好ましい。BFの $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 以外の成分として、たとえば、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TeO}_2$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Tm}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 等が挙げられる。BFに光増幅機能を付与するためには、BFがErまたはTmを含有するようにすることが好ましい。

【0040】光増幅ガラスファイバとしてErを含有するBFを使用する場合、コアガラスは、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 含有量が20～80モル%であるマトリクスガラスにErが質量百分率表示で0.01～10%添加されたものであることが好ましい。該マトリクスガラスは、 $\text{B}_2\text{O}_3$ および $\text{SiO}_2$ のいずれか一方を含有することが好ましい。

【0041】

【実施例】(例1)  $T_c$ が $1010^\circ\text{C}$ であり、接続すべき端面が軸に対して直角かつ平らであり、該端面におけるコア径が $3.6\mu\text{m}$ 、クラッド径が $125\mu\text{m}$ 、クラッドガラス屈折率が1.50、NAが0.2であって、長さが $1000\text{mm}$ の石英系ガラスファイバSF1 ( $\text{SiO}_2$ 含有量=97モル%)と、 $T_c$ が $470^\circ\text{C}$ であり、

接続すべき端面が軸に対して直角かつ平らであり、該端面におけるコア径が $3.6\mu\text{m}$ 、クラッド径が $125\mu\text{m}$ 、コアガラス屈折率が2.04、NAが0.2であって、長さが $200\text{mm}$ の $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 系ガラスファイバBF1を用意した( $\alpha=90^\circ$ )。

【0042】前記BF1のコアガラスは、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ :43モル%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ :3.5モル%、 $\text{SiO}_2$ :32モル%、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ :18モル%、 $\text{TeO}_2$ :3.5モル%からなるマトリクスガラスにErが質量百分率表示で0.7%添加されているガラスである。また、そのクラッドガラスは、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ :43モル%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ :7.5モル%、 $\text{SiO}_2$ :32モル%、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ :14モル%、 $\text{TeO}_2$ :3.5モル%からなる。

【0043】この2本のガラスファイバの接続すべき端面を突き合わせ、次に示す電極間放電条件で態様Aによって端面を融合した。すなわち、 $x$ : $280\mu\text{m}$ 、 $L_1$ : $1.0\text{mm}$ 、 $I$ : $15\text{mA}$ 、 $n$ :20回、 $t$ : $0.01$ 秒、 $t'$ : $0.04$ 秒、 $y$ : $1\mu\text{m}$ とした。放電電極としては、先端の円錐部分の底辺部の直径が $1\text{mm}$ 、円錐部分の高さが $1.2\text{mm}$ であるタングステン製電極を用いた。

【0044】接続された面を目視観察したところ、顕著な軟化流動および揮散のいずれも起っておらず突き合わされた端面が良好に融合されていた。前記接続されたガラスファイバの伝播損失を測定したところ、 $1.56\mu\text{m}$ の波長の光に対しては0.5dB、 $1.31\mu\text{m}$ の波長の光に対しては1.0dB、 $0.98\mu\text{m}$ の波長の光に対しては1.5dBであった。 $0.9\sim1.7\mu\text{m}$ の波長の光に対する伝播損失は1.5dB以下であることが好ましい。なお、 $0.98\mu\text{m}$ の波長の光は、 $1.2\sim1.7\mu\text{m}$ の波長の光の増幅に用いられる励起光として典型的な光の一つである。

【0045】(例2)  $\alpha$ を $83^\circ$ とした以外は例1と同様にして、SF1、BF1の端面を融合した。接続された面を目視観察したところ、顕著な軟化流動および揮散のいずれも起っておらず突き合わされた端面が良好に融合されていた。

【0046】(例3)  $T_c$ が $1010^\circ\text{C}$ であり、接続すべき端面が軸に対して直角かつ平らであり、該端面におけるコア径が $6\mu\text{m}$ 、クラッド径が $125\mu\text{m}$ であり、長さが $1000\text{mm}$ のSF1と、 $T_c$ が $470^\circ\text{C}$ であり、接続すべき端面が軸に対して直角かつ平らであり、該端面におけるコア径が $4\mu\text{m}$ 、クラッド径が $125\mu\text{m}$ であり、長さが $200\text{mm}$ のBF1を用意した( $\alpha=90^\circ$ )。

【0047】この2本のガラスファイバの接続すべき端面を突き合わせ、次に示す電極間放電条件で態様Bによって端面を融合した。すなわち、 $x$ : $30\mu\text{m}$ 、 $L_1$ : $0.5\text{mm}$ 、 $L_2$ : $0.25\text{mm}$ 、 $I$ : $15\text{mA}$ 、 $n$ :20回、 $t$ : $0.01$ 秒、 $t'$ : $0.5$ 秒、 $y$ : $1\mu\text{m}$ と

した。接続された面を目視観察したところ、顕著な軟化流動および揮散のいずれも起っておらず突き合わされた端面が良好に融合されていた。

【0048】

【発明の効果】本発明によれば、ガラス転移点の異なる2本のガラスファイバの端面を良好に融合でき、該2本のガラスファイバを良好に接続できる。該接続されたガラスファイバを通信用ガラスファイバとして使用する場合、その接続面における信号光の反射または損失を小さくでき、またその接続部の耐久性は高い。

【0049】石英系ガラスファイバと、コアに $E_r$ が添加され光増幅機能を有する $Bi_2O_3$ 系ガラスファイバとを本発明の方法によって接続したガラスファイバを組込んだ光増幅器は、該石英系ガラスファイバと通信用石英系ガラスファイバとの接続は容易であるので、石英系ガ

ラスファイバを使用する従来の光通信システムに広く使用できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態を示す図である。

【図2】本発明の別の実施形態を示す図である。

【図3】従来のガラスファイバの接続方法を示す図である。

【符号の説明】

1、51：高融点ガラスファイバ

10 1A：高融点ガラスファイバの突き合わせ端面

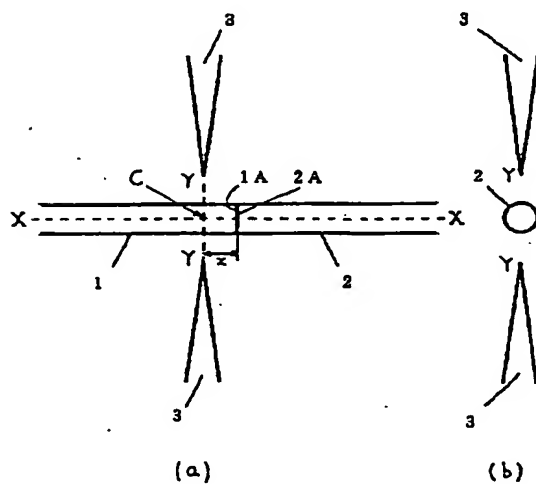
2、52：低融点ガラスファイバ

2A：低融点ガラスファイバの突き合わせ端面

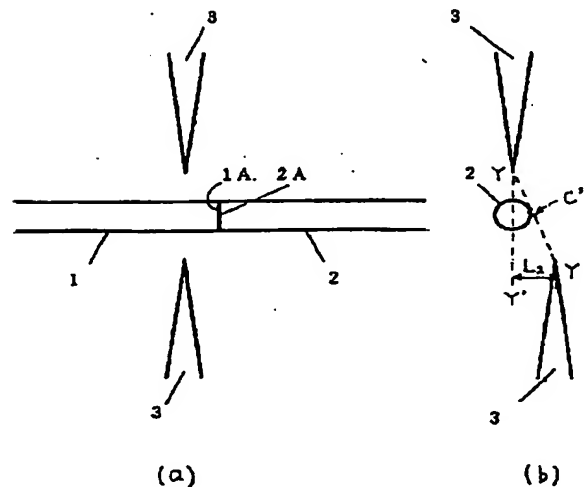
3、53：放電加熱用電極

54：接触部

【図1】



【図2】



【図3】

